



REC'D 19 JUL 2002

WIPO PCT

## Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

**Aktenzeichen:** 101 23 717.0

**Anmeldetag:** 15. Mai 2001

**Anmelder/Inhaber:** Paul Müller GmbH & Co KG  
Unternehmensbeteiligungen, Nürnberg/DE

**Bezeichnung:** Motorspindel mit einer Kompensation der axialen  
Verlagerung der Werkzeugschnittstelle sowie Ver-  
fahren zur Kompensation einer derartigen axialen  
Verlagerung

**IPC:** B 23 Q 5/10

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ur-  
sprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 06. Juni 2002  
Deutsches Patent- und Markenamt  
Der Präsident  
Im Auftrag

**PRIORITY  
DOCUMENT**

SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

Ebert

CHRISTOPH LÖSCH  
PATENTANWALT



CHRISTOPH LÖSCH  
DIPL.-WIRTSCH.-ING.  
PATENTANWALT

POSTFACH/P.O.BOX 13 01 28  
90113 NÜRNBERG

KANZLEI/OFFICE:  
ÄUSSERE BAYREUTHER  
STRASSE 230  
90411 NÜRNBERG

TEL: +49-(0)911-56 14-800  
FAX: +49-(0)911-56 14-864  
E-MAIL: C-LOESCH@C-LOESCH.DE

UNSER ZEICHEN/OUR REFERENCE:

L-H/001047

DATUM/DATE:

15.05.2001

Paul Müller GmbH & Co. KG  
Unternehmensbeteiligungen  
Äußere Bayreuther Straße 230  
90411 Nürnberg

---

Motorspindel mit einer Kompensation der axialen Verlagerung der  
Werkzeugschnittstelle sowie Verfahren zur Kompensation einer der-  
artigen axialen Verlagerung

---

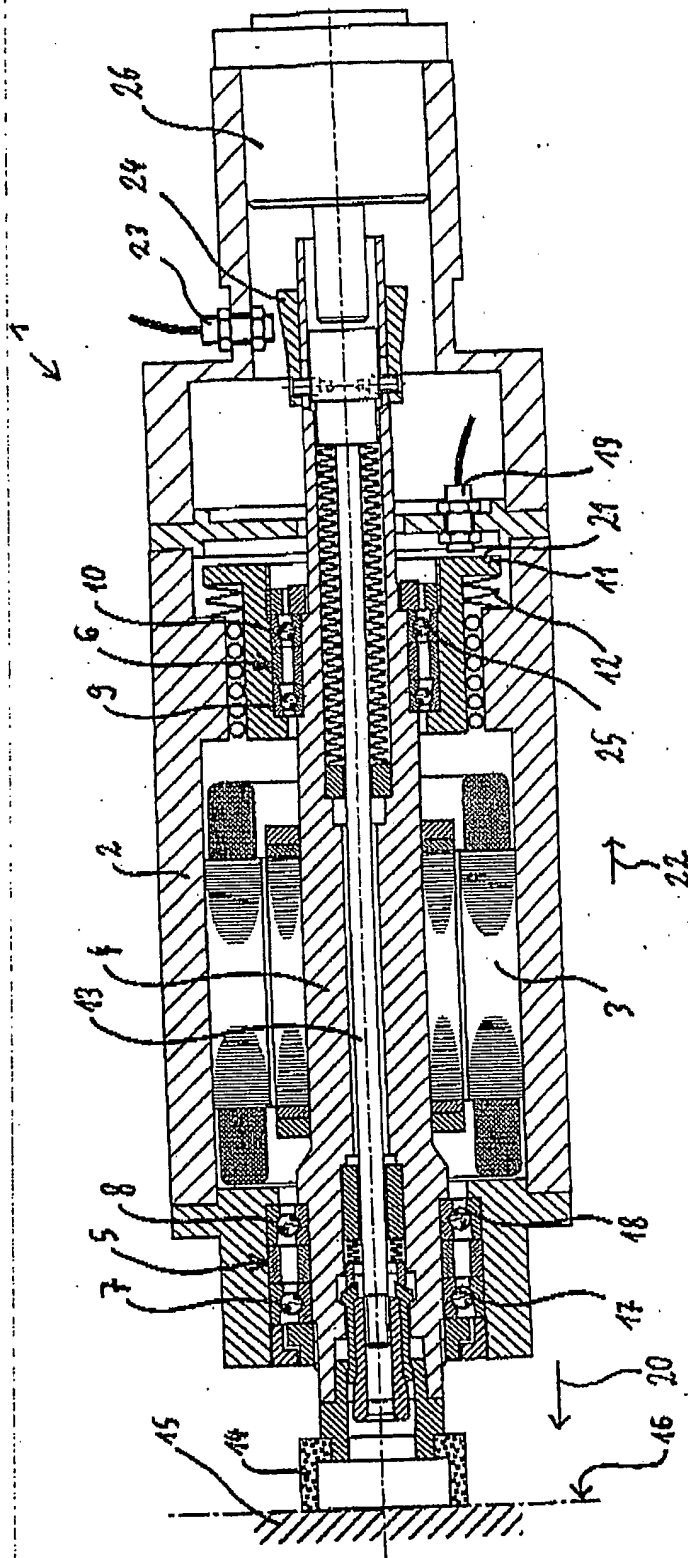
Paul Müller GmbH & Co. KG  
Unternehmensbeteiligungen

L-H/001047

### ZUSAMMENFASSUNG

Die Erfindung betrifft eine Motorspindel (1) mit einer Spindelwelle (4) zur Aufnahme eines Werkzeugs (14), wobei die Spindelwelle (4) im Gehäuse (2) der Motorspindel (1) in einer Festlagerung (5) und einer Loslagerung (6) aufgenommen ist und wobei das aufgenommene Werkzeug (14) das bearbeitete Werkstück (15) bei angetriebener Spindelwelle (4) an einer Werkzeugschnittstelle (16) kontaktiert und die Werkzeugschnittstelle (16) bei der Werkstückbearbeitung eine Verlagerung in axialer Richtung der Spindelwelle (4) erfährt, wobei ein Wegsensor (19) an der Spindellagerung zur Ermittlung der axialen Verlagerung der Werkzeugschnittstelle (16) vorgesehen ist.

Zeichnungsfigur



Paul Müller GmbH & Co. KG  
Unternehmensbeteiligungen

L-H/001047

### BESCHREIBUNG

Die Erfindung betrifft eine Motorspindel mit einer Spindelwelle zur Aufnahme eines Werkzeugs sowie den Merkmalen des Oberbegriffs des Patentanspruchs 1. Ferner betrifft die Erfindung ein Verfahren zum Verschieben einer Motorspindel mit den Merkmalen des Oberbegriffs des Patentanspruchs 11.

W

Als Stand der Technik sind Motorspindeln mit einer Fest- und einer Loslagerung bekannt, die für die Bearbeitung von Werkstücken bei hohen Drehzahlen eingesetzt werden. Die Genauigkeit der Werkstückbearbeitung wird durch eine unerwünschte axiale Bewegung der Werkzeugschnittstelle bei rotierender Spindelwelle beeinträchtigt.

A

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Motorspindel sowie ein Verfahren zum Verschieben einer Motorspindel anzubieten, bei denen die Genauigkeit der Werkstückbearbeitung verbessert wird.

Die Aufgabe wird für die Motorspindel durch die Merkmale des kennzeichnenden Teils des Patentanspruchs 1 in Verbindung mit den Merkmalen des Oberbegriffs gelöst. Vorteilhafte Ausführungsformen

der Motorspindel werden in den Unteransprüchen 2 – 10 beschrieben. Für das Verfahren wird die Aufgabe durch die Merkmale des kennzeichnenden Teils des Patentanspruchs 11 in Verbindung mit den Merkmalen des Oberbegriffs gelöst. Vorteilhafte Verfahrensvarianten werden in den Unteransprüchen 12 – 15 beschrieben.

Bei der erfindungsgemäßen Motorspindel ist ein Wegsensor an der Spindellagerung zur Ermittlung der axialen Verlagerung der Werkzeugschnittstelle vorgesehen. Durch die über den Wegsensor ermittelte unerwünschte axiale Verlagerung kann über eine kompensierende Vorschubbewegung, welche die gesamte Motorspindel erfaßt, die axiale Verlagerung kompensiert werden. Hierdurch kann eine Werkstückbearbeitung mit deutlich verbesserter Genauigkeit erfolgen.

In einer vorteilhaften Ausführungsform kann der Wegsensor zur Erfassung der axialen Position der Loslagerung vorgesehen sein. Durch eine derartige Anbringung des Wegsensors wird ein deutlicher Abstand zum bearbeiteten Werkstück und zum bearbeitenden Werkzeug geschaffen. Ferner kann die axiale Verlagerung der Spindelwelle an einem ruhenden Teil besonders zuverlässig gemessen werden.

Gemäß einer weiteren vorteilhaften Ausführungsform kann der Wegsensor die axiale Verschiebung der Spindelwelle an einem Außenring der Loslagerung erfassen. In einer weiteren vorteilhaften Ausführungsform kann der Wegsensor die axiale Position der Lagerbüchse eines Außenrings der Loslagerung erfassen, wobei der Wegsensor an einem besonders zugänglichen Bereich der Motorspindel angebracht werden kann.

In einer weiteren Ausführungsform kann der Wegsensor als Berührungssensor mit direktem Kontakt z.B. mit der Loslagerung, deren Außenring oder deren Lagerbüchse ausgebildet sein. Damit können die bei berührungslosen Wegsensoren gegebenenfalls auftretenden Übertragungsstörungen vermieden werden.

Gemäß einer weiteren Ausführungsform kann der Wegsensor auch als berührungsloser Sensor, z.B. als induktiver, kapazitiver, optischer oder Wirbelstromsensor ausgebildet sein. Hierdurch wird ein direkter Kontakt mit der zu messenden Bezugsoberfläche der Loslagerung, des Außenrings oder der Lagerbüchse vermieden, wodurch eine Abnutzung des Wegsensors und daraus resultierende Meßfehler vermieden werden.

Die vom Wegsensor ausgelesenen Daten zur axialen Verlagerung der Spindelwelle werden vorteilhafterweise an ein Steuerelement z.B. zur Aktivierung eines Vorschubs der gesamten Motorspindel zur Kompensierung der axialen Verlagerung weitergeleitet.

Durch ein derartiges Vorschubelement kann die Motorspindel axial in Richtung des Werkstücks verschoben werden, um die ermittelte axiale Verlagerung während des Betriebs zu korrigieren und zu kompensieren. Hierzu ist das Steuerelement vorzugsweise mit dem Vorschubelement der Motorspindel zum Datenaustausch verbunden.

Beim erfindungsgemäßen Verfahren zum Verschieben einer Motorspindel mit einer Spindelwelle erfolgt eine Kompensierung der ermittelten axialen Verlagerung der Werkzeugschnittstelle. Hierdurch wird die Bearbeitungsgenauigkeit erhöht. Die über einen Wegsensor ermittelte unerwünschte axiale Verlagerung der Spindelwelle wird

durch eine entsprechende Vorschubbewegung der gesamten Motorspindel in entgegengesetzter Richtung kompensiert.

Gemäß einer weiteren vorteilhaften Verfahrensvariante kann als Führungsgröße zur Kompensierung der ermittelten axialen Verlagerung ein oder mehrere funktionale Zusammenhänge zwischen drehzahlbedingter und/oder temperaturbedingter Veränderung und der ermittelten axialen Verlagerung der Spindelwelle verwendet werden.

Wenn beim Wegsensor zur Ermittlung der unerwünschten axialen Verlagerung der Spindelwelle eine sprunghafte und erhebliche axiale Verlagerung auftritt, kann dies als Störungsmeldung verarbeitet werden.

Zur Aufnahme der Werkzeuge besitzen Motorspindeln üblicherweise Spannsysteme, welche z.B. eine axiale Zugstange aufweisen, die sich in der als Hohlwelle ausgebildeten Spindelwelle in axialer Richtung verschieben läßt. Zur Kraftbeaufschlagung einer derartigen Zugstange ist üblicherweise ein Kolbenelement vorgesehen, über welches die Zugstange in Richtung zum frontseitigen Spannsystem verschoben werden kann, wodurch ein im Spannsystem aufgenommenes Werkzeug entnommen und ein neues Werkzeug eingesetzt kann. Beim Zurückziehen des Kolbenelements wird die Zugstange üblicherweise durch integrierte Federelemente zurückgestellt.

Bei einer auftretenden unerwünschten axialen Verlagerung der Werkzeugschnittstelle verändert sich auch die Position der Zugstange des Spannsystems. Die vom Wegsensor erfaßte axiale Verlagerung der Werkzeugschnittstelle kann zur Korrektur der Daten eines weiteren Wegsensors zur Bestimmung der Position der Zugstange verwendet werden.



In einer weiteren vorteilhaften Verfahrensvariante kann beim Anfahren der Motorspindel ein „Reset-Lauf“ bei kleinstmöglicher Drehzahl durchgeführt werden, wodurch eventuell aufgrund einer vorherigen Abkühlung verklemmte Lagerkörper in der Fest- oder Loslagerung gelockert werden, wodurch ein Referenzpunkt für den Wegsensor zur Ermittlung der unerwünschten axialen Verlagerung der Werkzeugschnittstelle ermittelt werden kann, bevor die tatsächliche axiale Verlagerung festgestellt wird.

13  
Die Erfindung ist anhand eines Ausführungsbeispiels in einer Zeichnungsfigur näher erläutert.

Die Zeichnungsfigur zeigt eine Motorspindel 1 im Längsschnitt mit einem Spindelgehäuse 2 und einem Antrieb 3 für eine Spindelwelle 4, welche über eine Festlagerung 5 und eine Loslagerung 6 im Spindelgehäuse 2 aufgenommen ist. Die Festlagerung 5 und die Loslagerung 6 weisen jeweils Lagerelemente 7, 8 bzw. 9, 10 auf, die z.B. als Spindellager ausgebildet sein können. Bei einer Verwendung von Spindellagern tritt ein Kontaktwinkel zwischen den Kugeln und den Laufbahnen der Spindellager etwa zwischen 12° und 25° auf.

Die Festlagerung 5 und die Loslagerung 6 werden über eine kraftbeaufschlagte Lagerbüchse 11 gegeneinander vorgespannt. Die Kraftbeaufschlagung der Lagerbüchse 11 kann durch ein Federelement 12, hydraulisch und/oder pneumatisch erfolgen.

Die Spindelwelle 4 ist eine Hohlwelle und nimmt in ihrem Inneren eine Zugstange 13 eines Spannsystems der Motorspindel 1 zur Aufnahme des Werkzeugs 14 (z.B. einer Topfschleifscheibe) auf. Das Werkzeug 14 kontaktiert das Werkstück 15 (z.B. eine Siliziumober-

fläche), wobei sich die Werkzeugschnittstelle 16 im Kontaktbereich zwischen Werkzeug 14 und Werkstück 15 befindet.

Beim Betrieb der Motorspindel 1 tritt bei rotierender Spindelwelle 4 eine kinematische Verschiebung der Spindelwelle 4 aufgrund der auf die Lagerkörper 17, 18 der Lagerelemente 7, 8 der Festlagerung 5 wirkenden Fliehkräfte auf. Ferner tritt durch die Erwärmung der Spindelwelle 4 ausgehend von den Lagerelementen 7, 8 und dem Antrieb 3 eine thermische Verschiebung der Spindelwelle 4 in axialer Richtung auf.

Durch den erfindungsgemäßen Wegsensor 19 wird eine unerwünschte Verschiebung der Spindelwelle 4 in Verschieberichtung 20 durch Messung des Abstandes zwischen dem Wegsensor 19 und einer Bezugsfläche 21 der Lagerbüchse 11 oder einem Außenring 25 z.B. des Lagerelements 10 der Loslagerung 6 ermittelt. Über die vom Wegsensor 19 ermittelte Annäherung der Bezugsfläche 21 an den Wegsensor 19 kann über ein an sich bekanntes Vorschubelement die gesamte Motorspindel 1 zur Kompensierung der ermittelten axialen Verlagerung der Spindelwelle 4 in Gegenrichtung 22 verschoben werden, so daß nach erfolgreicher Kompensierung keine Verlagerung der Werkzeugschnittstelle 16 auftritt.

Bei einer vom Wegsensor 19 festgestellten axialen Verlagerung der Spindelwelle 4 in Verschieberichtung 20 tritt auch eine Verschiebung der in der Spindelwelle 4 aufgenommenen und vom Kolbenelement 26 betätigten Zugstange 13 in Verschieberichtung 20 auf, wodurch die von einem weiteren Wegsensor 23 durch Abstandsmessung zu einer weiteren Bezugsfläche 24 festgestellte Position der Zugstange 13 fehlerhaft ermittelt wird. Durch die vom Wegsensor 19 ermittelte axiale Verschiebung kann die Positionsangabe des zweiten Wegsen-

- 12 -

sors 23 in einem nicht abgebildeten und mit den Wegsensoren 19 und 23 verbundenen Steuerelement (z.B. einem Prozessor) z.B. durch Differenzbildung korrigiert und berichtigt werden. Hierdurch können die Position der Zugstänge 13 und damit auch die Zustände des Spannsystems (Werkzeug gespannt, Werkzeug freigegeben, Werkzeug fehlerhaft gespannt, Werkzeug fehlt) genauer erfaßt werden.

Paul Müller GmbH & Co. KG  
Unternehmensbeteiligungen

L-H/001047

BEZUGSZEICHEN

1	Motorspindel
2	Spindelgehäuse
3	Antrieb
4	Spindelwelle
5	Festlagerung
6	Loslagerung
7,8,9,10	Lagerelement
11	Lagerbüchse
12	Federelement
13	Zugstange
14	Werkzeug
15	Werkstück
16	Werkzeugschnittstelle
17,18	Lagerkörper
19	Wegsensor
20	Verschleberichtung
21	Bezugsfläche
22	Gegenrichtung
23	Wegsensor
24	Bezugsfläche
25	Außenring
26	Kolbenelement

Paul Müller GmbH & Co. KG  
Unternehmensbeteiligungen

L-H/001047

### PATENTANSPRÜCHE

1. Motorspindel mit einer Spindelwelle zur Aufnahme eines Werkzeugs, wobei die Spindelwelle im Gehäuse der Motorspindel in einer Festlagerung und einer Loslagerung aufgenommen ist und wobei das aufgenommene Werkzeug das bearbeitete Werkstück bei angetriebener Spindelwelle an einer Werkzeugschnittstelle kontaktiert und die Werkzeugschnittstelle bei der Werkstückbearbeitung eine Verlagerung in axialer Richtung der Spindelwelle erfährt,  
dadurch gekennzeichnet, daß ein Wegsensor (19) an der Spindellagerung zur Ermittlung der axialen Verlagerung der Werkzeugschnittstelle (16) vorgesehen ist.
2. Motorspindel nach Anspruch 1,  
dadurch gekennzeichnet, daß der Wegsensor (19) zur Erfassung der axialen Position der Loslagerung (6) vorgesehen ist.
3. Motorspindel nach Anspruch 2,  
dadurch gekennzeichnet, daß der Wegsensor (19) zur Erfassung der axialen Position eines Außenrings (25) der Loslagerung (6) vorgesehen ist.

4. Motorspindel nach Anspruch 3,  
dadurch gekennzeichnet, daß der Wegsensor (19)  
zur Erfassung der axialen Position einer Lagerbüchse (11) ei-  
nes Außenrings (25) der Loslagerung (6) vorgesehen ist.
5. Motorspindel nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
dadurch gekennzeichnet, daß der Wegsensor (19)  
als Berührungssensor ausgebildet ist.
6. Motorspindel nach einem der Ansprüche 1 – 4,  
dadurch gekennzeichnet, daß der Wegsensor (19)  
als berührungsloser Sensor ausgebildet ist.
7. Motorspindel nach Anspruch 6,  
dadurch gekennzeichnet, daß der Wegsensor (19)  
als induktiver, kapazitiver, optischer oder Wirbelstrom-Sensor  
ausgebildet ist.
8. Motorspindel nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
dadurch gekennzeichnet, daß ein Steuerelement  
zur Aufnahme der vom Wegsensor (19) erfaßten axialen Verla-  
gerung vorgesehen ist.
9. Motorspindel nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
dadurch gekennzeichnet, daß ein Vorschubele-  
ment zur axialen Verschiebung der Motorspindel (1) zur Korn-  
pensierung der ermittelten axialen Verlagerung der Werkzeug-  
schnittstelle (16) vorgesehen ist.

10. Motorspindel nach Anspruch 8 oder 9,  
dadurch gekennzeichnet, daß das Vorschubelement zum Datenaustausch mit dem Steuerelement verbunden ist.
11. Verfahren zum Verschieben einer Motorspindel mit einer Spindelwelle zur Aufnahme eines Werkzeugs, insbesondere einer Motorspindel nach einem der Ansprüche 1 - 10,  
dadurch gekennzeichnet, daß eine Verschiebung der Motorspindel zur Kompensierung einer ermittelten axialen Verlagerung einer Werkzeugschnittstelle der Motorspindel erfolgt.
12. Verfahren nach Anspruch 11,  
dadurch gekennzeichnet, daß bei Auftreten einer sprunghaften und erheblichen axialen Verlagerung der Werkzeugschnittstelle eine Störungsmeldung angezeigt wird.
13. Verfahren nach Anspruch 11 oder 12,  
dadurch gekennzeichnet, daß mit der ermittelten axialen Verlagerung der Werkzeugschnittstelle die gemessene Position der Zugstange eines Werkzeugspanners der Motorspindel korrigiert wird.
14. Verfahren nach einem der Ansprüche 11 - 13,  
dadurch gekennzeichnet, daß neben der axialen Verlagerung der Werkzeugschnittstelle die Position der Zugstange eines Werkzeugspanners der Motorspindel korrigiert wird.

15. Verfahren nach einem der Ansprüche 11 – 14,  
dadurch gekennzeichnet, daß beim Anfahren der  
Motorspindel ein RESET-Lauf bei kleinstmöglicher Drehzahl  
durchgeführt wird um das Klemmen der Lagerkörper in der  
Festlagerung und Loslagerung während der Abkühlung aufzu-  
heben und den Referenzpunkt für den Wegsensor zur Erfas-  
sung der axialen Verlagerung der Werkzeugschnittstelle zu  
bestimmen.



